



Multiple Antennas Arm Effective MIMO Systems MIMO

Thaysen, Jesper; Jakobsen, Kaj Bjarne

Published in:
Electronic Systems Design

Publication date:
2007

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Thaysen, J., & Jakobsen, K. B. (2007). Multiple Antennas Arm Effective MIMO Systems: MIMO. *Electronic Systems Design*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

global sources

电子系统设计

欲打印此文章，从您的浏览器菜单中选择“文件”后再选“打印”。

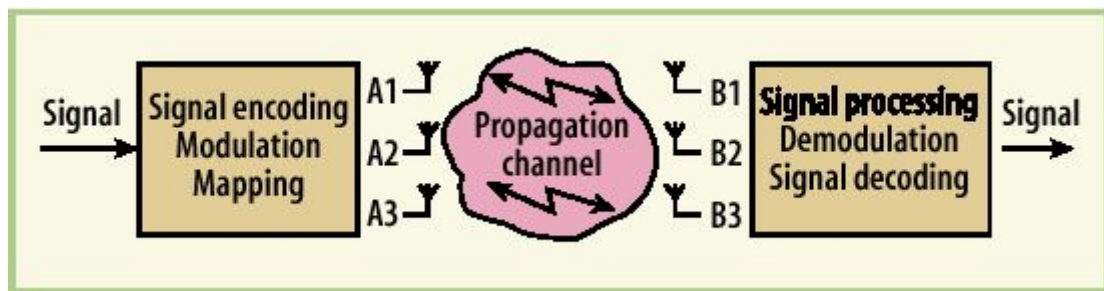
利用多天线设计实现MIMO系统

上网时间：2007-09-27

容量对大型无线网络的盈利率至关重要，而多输入多输出(MIMO)系统有可能提供很高的容量。这些系统在发射器和接收器中都采用阵列，当工作在多路径环境中时，可提供比单天线拓扑更大的容量。天线的特性是决定总体系统性能的关键因素。而且，尽管对已有大量研究，但很少有关于多天线在移动电话中的实现和优化的报导。下面总结了一些方法，天线设计人员可以用来评估移动信道容量、容量和信噪比(SNR)的关系等方面的MIMO性能。这些研究还考虑到了链路终端天线数目不同的MIMO系统的容量，以特性对MIMO系统性能的影响。

在MIMO天线阵元方面的早期工作有Winters、Forschini和Telatar等人的开拓性研究。接收分集(receive diversity)系统的基本思想多个发射信号样本(每个信号的信道完全不相干)的接收器来克服多路径效应(multipath effect)。由于每个信道的衰减特性往往不同同时深度衰减的可能性极小，这样，接收器至少有一个信道具有足够的信号强度。利用空间分集、极化分集或场型分集，可提升性能。这意味着两副位置、极化和辐射场型都不同的天线上的信号被混合，从而避免了混合信号的衰减。这相当于在衰减中SNR此，系统链路预算中的衰减余量(fading margin)减小。而另一方面，增加的SNR可用来提高通信信道的容量。若在发射器和接收器用两副及以上的天线，并通过改善了的SNR来提高通信系统的容量，就实现了一个MIMO系统。

MIMO的原理是一端发射天线上的信号和另一端接收天线上的信号以某种方式“混合”，从而对每一位MIMO用户来说，比特误码得到降低或数据传输率(单位bps)得以提高。一个MIMO系统通过一个信道阵列来发射数据，而非单个无线电信道。这就要求信号和空间上进行(图1)。待发射信号被馈送到一个其中增加有正确的误差校正编码的简化发射模块中，进行滤波和放大。然后，三个分别从天线阵元A1、A2和A3同时被发射。在接收器端，天线阵元B1、B2和B3接收来自对应发射天线阵元的信号。



若天线阵元B1、B2和B3接收到的信号彼此完全无关，正如在有大量多路径环境中的典型情况那样，则有可能重建原始发射信号。 $i=1,2,3$ 和 $B_i(t)$ ， $i=1,2,3$ 之间的关系是 $B(t)=H(t) A(t)$ 。矩阵H代表多路径环境中天线在某个时刻(t)的发射及空间位置。因此，一个具天线阵元和3个发射天线阵元的(3, 3) MIMO系统，其容量有可能比单天线系统大3倍。这样一来，在一个(N, N) MIMO系统中，一路径信道中产生的最大理论MIMO容量与天线阵元N的数目成线性比例关系。较之传统的单输入单输出(SISO)系统，容量线性提高m是发射或接收天线阵元的最小数目。

理论上，其速度上限仅受硬件成本和多路径环境要求限制。故而，要提高工作在多路径环境下的无线通信系统的容量，MIMO系统引的一种方案。

不过，在实际的MIMO系统中，接收信号间的相关性会致使信道容量减小，而对这种效应的理论和实验研究一直没有间断过。鉴小就可以提高容量，故在MIMO系统中，不同天线阵元接收信号间的相关性是一个十分重要的参数。只要移动电话的包络相关性 $\rho_e < 0.5$ ，就可以获得分集增益(diversity gain)。不过，相关性小也并不一定保证容量高，因为在某些特殊的传输环境中，即使天线的信号不相关，MIMO信道容量也可能很小(相比SISO容量而言)。这种效应被称为“锁眼(keyhole)”，会导致容量下降。它一般发生于发射器与接收器附近多散射而导致信号相关性小的环境中，同时，其它一些传播效应，比如衍射或波导，会造成转移函数矩阵的降秩来，发射器与接收器附近的散射显著增加，致使MIMO链路两端产生不相关衰减。但信道的秩特性仍然很差，故容量很小。MIMO(rank)定义为MIMO系统(代数秩)对应的独立方程式的数目。这个秩的值总是小于发射天线的数目和接收天线的数目。

此外，在少散射、通常带有视距特性的环境中，简单的接收分集系统将产生满发射。不过，对一个MIMO系统而言，视距特性一接收器端的相关性增加，一个线性方程式就有三个待解未知数，从而使MIMO系统的工作原理失效。通过接收器和发射器之间的正交交换，MIMO的失效可避免。

随天线阵元数目的增多, 系统容量预期线性增加, 这表明天线阵元数目增加是好事。但天线阵元之间的相互耦合对相关性的影响尺寸有限的移动电话来说, 天线阵元的逼近会无可避免地加剧彼此间的耦合效应。因此, 必需进一步了解应该如何确定这些天线使耦合最小, 从而改善相关性。耦合加剧会造成更大的空间相关性, 而这在许多情况下会降低MIMO增益(相比完全不相关的天线

天线相关性有两种: 信号相关性和包络相关性。信号相关性指从两副不同天线接收到的复信号之间的相关性, 而包络相关性指从线接收到的信号之幅值间的相关性。包络相关性参数常常在天线实验中测量(无相), 大部分情况下约等于信号相关性的复幅值的³ Vaughan et al.中, 计算得到的最大相对误差小于10%。除非另外注明, 本文提到的相关性一律指利用信号的复值计算而得。

天线相关性的计算可采用不同的方法来进行, 其中之一是基于远场场型, 还有一种是直接基于天线端子的散射参数。第三种方法公式, 最近为Boyle和Hui et al.所采用。利用辐射场型原理执行相关性计算可能相当耗时, 与使用数值数据还是实验数据来完成⁴ 这是一种常用的方法。Blanch et al给出了一种公式, 可利用散射参数来计算两天线系统中天线间的相关性。其结果与每个阵元的量结果相符。还可以利用阻抗矩阵来计算两副天线间的相关性。

Thaysen et al提出了一种新颖的精确表达式, 可根据(3, 3) MIMO天线阵列系统中任两副天线间的散射参数来计算包络相关性系数式可看出, 在天线设计中, 应该把主要力量放在什么地方, 以及在分集或MIMO系统中如何优化天线。

在Thaysen et al.中, 建立了一个(3, 3) MIMO系统, 在这个三天线系统中, 需要知道任两副天线间的相关性。利用能量守恒定律⁵ 即公式, Blanch et al和Salonen et al也如此。利用公式1, 可计算出两天线系统的包络相关性, 这里:

$$\vec{F}_i(\theta, \phi)$$

是端口i被激励时(所有其它端口则通过端口上的代表源阻抗的负载终止)天线系统的辐射场型, \cdot 表示厄密共轭乘积。

$$\rho_e = \frac{\left| \iint_{4\pi} [\vec{F}_1(\theta, \phi) \cdot \vec{F}_2^*(\theta, \phi)] d\Omega \right|^2}{\iint_{4\pi} |\vec{F}_1(\theta, \phi)|^2 d\Omega \iint_{4\pi} |\vec{F}_2(\theta, \phi)|^2 d\Omega}$$

在(3, 3) MIMO系统的实例中, N=3, 即在接收和发射端的天线阵元数为3, 通过公式2可计算出天线i=1和j=2间的包络相关性。对集方案中的相关性, 为N=2。

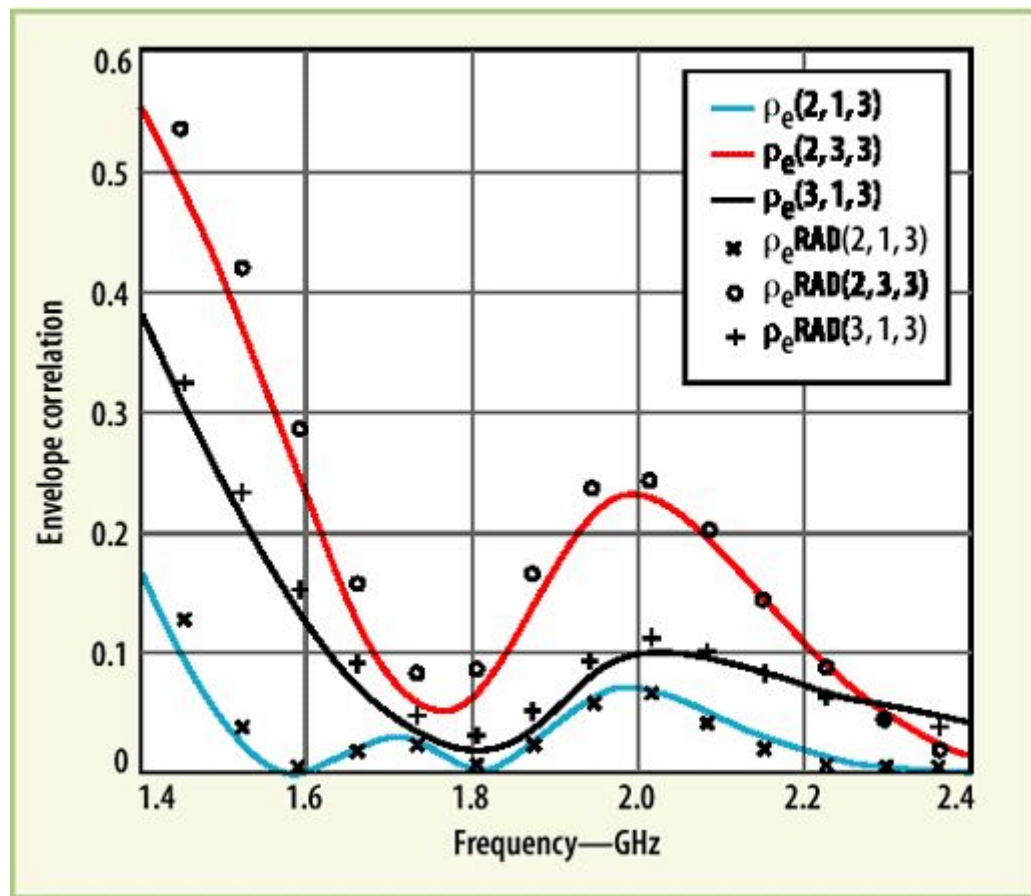
$$\rho_e(1,2,3) = \frac{|S_{11}^* S_{12} + S_{12}^* S_{22} + S_{13}^* S_{32}|^2}{\left(1 - (|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2 + |S_{31}|^2)\right) \left(1 - (|S_{12}|^2 + |S_{22}|^2 + |S_{32}|^2)\right)}$$

Thaysen et al.对上面的包络相关性公式做了进一步的扩展, 适用于N为任意值的情况(对两天线和三天线系统同样有效, 即N=2, 3相关性(与功率相关性相同)的幅值平方的精确表达式如下, 通过该式可计算出包含N副天线的MIMO系统中任两副天线间的包络相

$$\rho_e(i, j, N) = \frac{\left| \sum_{n=1}^N S_{i,n}^* S_{n,j} \right|^2}{\prod_{k=i,j} \left[1 - \sum_{n=1}^N |S_{k,n}|^2 \right]}$$

包络相关性由外部源和天线辐射场型的分布决定。假设存在一个全方位源分布, 互阻抗(或散射参数)有可能与相关性有关。这意味均匀分布的, 基于S参数(公式3)计算的包络相关性与通过式1计算得到的结果就相吻合。但在设计实际的MIMO天线系统(例如在移动电话中), 在包络相关性表达式中作源是均匀分布的假设就不适当了。因此, 应该明确指出, 在小型天线端子的情况中, 这一公式不能用公式1(作为一种质量标准)计算出的相关性。基于辐射场型的方法可能对无线电信道的估算有更好的描述, 虽然这种估算更加繁我们发现, 利用散射参数计算包络相关性可获得足够精确的结果, 故能用于许多实际情况中。

Thaysen et al. 在一个(3, 3) MIMO系统的特殊例子中, 通过对比利用式1计算获得的包络相关性和基于公式3计算出的结果(图2)进行了验证。从1.4~2.4GHz, 基于公式1的包络相关性计算值比基于公式3的辐射场型方法获得的结果要稍低一点。这种差异部分是由于, 在 $\varphi=180^\circ \pm 12^\circ$ 的区域里, 辐射场型中的减小主要是由天线安装和定位系统引起的。这一差值也可能缘于散射参数是在实验而辐射场型是在无回声环境中测量。



公式1的包络相关性和基于公式4计算而得结果间的最大绝对差值为0.04。相比经验方法中0.5的差异(即误差小于10%), 0.04的误差小了。对天线3而言, 即使辐射效率低至80%, 这种差异仍然非常低, 这表明该公式可用在许多情况中, 即使散射参数公式中未计及。

作者: Jesper Thaysen

Email: jesper.thaysen@nokia.com

诺基亚公司

Kaj B. Jakobsen

副教授

Email: kbj@oersted.dtu.dk

Technical University of Denmark

此文章源自《电子系统设计》网站:

http://www.ed-china.com/ART_8800022783_400001_500003_TS_85175a1f.HTM

[返回文章页](#) | [返回主页](#)

[返回页首](#)

eMedia Asia: [电子工程专辑](#) | [手机设计](#) | [媒体播放器](#) | [汽车电子设计](#) | [工业控制](#) | [电源系统](#) | [模拟混合信号](#) | [家庭娱乐系统](#)
[商情](#)
环球资源: [环球资源企业网](#) | [环球资源内贸网](#) | [世界经理人](#) | [尚品人生](#) | [Electronic Components](#) | [Computer Products](#) |
[Sourcing Fairs](#)

[RSS新闻聚合](#)  | [意见反馈](#) | [网站导航](#) | [帮助](#) | [关于我们](#) | [隐私政策](#) | [联系我们](#) | [使用条款](#) | [安全承诺](#) | [网址推荐](#)

Copyright © 2007 eMedia Asia Ltd. 本网站所有内容均受版权保护。

未经版权所有人明确的书面许可，不得以任何方式或媒体翻印或转载本网站的部分或全部内容。